

## METHOD FOR STARTING A MULTI-CYLINDER INTERNAL COMBUSTION ENGINE

**Publication number:** WO0181760

**Publication date:** 2001-11-01

**Inventor:** BRUEGGEN GERHARD (DE); BENNINGER NIKOLAUS (DE); SIEBER UDO (DE)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE); BRUEGGEN GERHARD (DE); BENNINGER NIKOLAUS (DE); SIEBER UDO (DE)

**Classification:**

- **International:** F02N11/08; F02D13/02; F02D15/04; F02D41/06; F02D43/00; F02D45/00; F02M37/00; F02M37/04; F02M59/42; F02N9/02; F02N17/00; F02N17/08; F02N11/08; F02D13/02; F02D15/00; F02D41/06; F02D43/00; F02D45/00; F02M37/00; F02M37/04; F02M59/00; F02N9/00; F02N17/00; (IPC1-7): F02N17/00; F02N9/02

- **European:** F02N9/02; F02N17/00C4; F02N17/08

**Application number:** WO2001DE00461 20010207

**Priority number(s):** DE20001020104 20000422

**Also published as:**

US6718928 (B2)  
US2002157630 (A)  
EP1301706 (A0)  
DE10020104 (A1)  
EP1301706 (B1)

**Cited documents:**

US5219397  
US6050232  
WO9920882  
JP63198779

[Report a data error](#) [help](#)

### Abstract of WO0181760

The invention relates to a method for starting a multi-cylinder internal combustion engine (1), especially a motor vehicle, whereby the position of a piston (2) in a cylinder (3) of the internal combustion engine (1) is determined and fuel is injected into a combustion chamber (4) of the cylinder (3) whose piston (2) is located in a working phase. In order to enable a starting of the internal combustion engine (1) without the use of an electric motor-driven starter in a manner that is as reliable as possible, the invention provides that that the intake valves and/or exhaust valves (5) of at least one cylinder (3), whose piston (2) is located beyond an upper dead center (OT), are brought, before the starting process, into a position that corresponds to a working phase.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. November 2001 (01.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/81760 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02N 17/00, 9/02

BENNINGER, Nikolaus [DE/DE]; Rampachstrasse 25,  
71665 Vaihingen (DE). SIEBER, Udo [DE/DE]; Meisen-  
weg 7/1, 74321 Bietigheim (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/00461

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:  
7. Februar 2001 (07.02.2001)

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

**Veröffentlicht:**

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

— mit internationalem Recherchenbericht

(30) Angaben zur Priorität:  
100 20 104.0 22. April 2000 (22.04.2000) DE

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

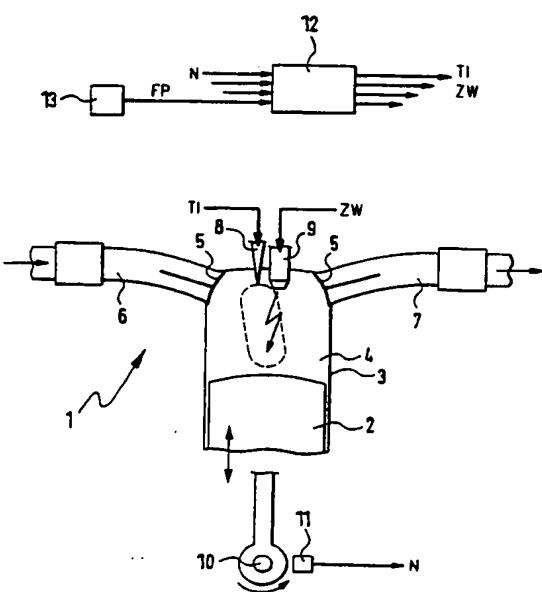
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70422 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BRUEGGEN, Ger-  
hard [DE/DE]; Tannenweg 4, 72181 Starzach (DE).

(54) Title: METHOD FOR STARTING A MULTI-CYLINDER INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM STARTEN EINER MEHRZYLINDRIGEN BRENNKRAFTMASCHINE



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for starting a multi-cylinder internal combustion engine (1), especially of a motor vehicle, whereby the position of a piston (2) in a cylinder (3) of the internal combustion engine (1) is determined and fuel is injected into a combustion chamber (4) of the cylinder (3) whose piston (2) is located in a working phase. In order to enable a starting of the internal combustion engine (1) without the use of an electric motor-driven starter in a manner that is as reliable as possible, the invention provides that that the intake valves and/or exhaust valves (5) of at least one cylinder (3), whose piston (2) is located beyond an upper dead center (OT), are brought, before the starting process, into a position that corresponds to a working phase.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Stellung eines Kolbens (2) in einem Zylinder (3) der Brennkraftmaschine (1) ermittelt wird und Kraftstoff in einen Brennraum (4) desjenigen Zylinders (3) eingespritzt wird, dessen Kolben (2) sich in einer Arbeitsphase befindet. Um einen möglichst zuverlässigen Start der Brennkraftmaschine (1) ohne einen elektromotorischen Anlasser zu ermöglichen, wird vorgeschlagen, dass die Einlass- und/oder Auslassventile (5) mindestens eines Zylinders (3), dessen Kolben (2) sich nach einem oberen Totpunkt (OT) befindet, vor dem Startvorgang in eine einer Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden.

**WO 01/81760 A1**

10       Verfahren zum Starten einer mehrzylindrigen  
Brennkraftmaschine

Stand der Technik

15       Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Stellung eines Kolbens in einem Zylinder der Brennkraftmaschine ermittelt wird. Es wird Kraftstoff in einen Brennraum desjenigen Zylinders eingespritzt, dessen Kolben sich in einer Arbeitsphase befindet.

25       Die Erfindung betrifft außerdem eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs. Die Brennkraftmaschine umfasst eine Detektorvorrichtung zur Ermittlung der Stellung eines Kolbens in einem Zylinder der Brennkraftmaschine und ein Kraftstoffzumesssystem zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum desjenigen Zylinders, dessen Kolben sich in einer Arbeitsphase befindet. Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung auch ein Steuergerät für eine derartige mehrzylindrige Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs.

30       Ein Verfahren zum Starten einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art ist beispielsweise aus der DE 31 17 144 A1 bekannt. Das dort beschriebene Verfahren arbeitet ohne einen

- 2 -

elektromotorischen Anlasser. Bei stillstehender Brennkraftmaschine wird dabei in den Brennraum eines oder mehrerer Zylinder, deren Kolben sich in der Arbeitsphase befinden, eine für eine Verbrennung notwendige Menge an Kraftstoff eingespritzt und gezündet. Danach wird jeweils in den Brennraum des oder der Zylinder, deren Kolben den nächsten Arbeitstakt ausführen, Kraftstoff eingespritzt und gezündet, sobald die betreffenden Kolben die Arbeitsstellung erreicht haben. Auf diese Weise kann die Brennkraftmaschine ohne einen elektrischen Anlasser und die damit notwendigerweise verbundenen Bauteile ausgebildet werden. Zudem kann ein Akkumulator der Brennkraftmaschine kleiner dimensioniert werden, da dieser keine elektrische Energie mehr für den Anlasser und die übrigen elektrischen Bauteile liefern muss.

Bei dem bekannten Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine muss der Takt (Verdichtungstakt, Arbeitstakt, Ausstoßtakt, Ansaugtakt), in dem sich die einzelnen Kolben der Brennkraftmaschine und die Einlass- und Auslassventile der Brennräume befinden, genau beachtet werden. Das hat zur Folge, dass bei einer 4- oder 6-Zylinder-Brennkraftmaschine zu jedem Takt der Brennkraftmaschine jeweils nur der Brennraum eines einzigen Zylinders - nämlich des Zylinders, dessen Kolben in Arbeitsstellung steht - mit Kraftstoff gefüllt und der Kraftstoff gezündet werden kann. Das bekannte Verfahren beschränkt sich auf Brennkraftmaschinen, bei denen zum einen der Verdichtungstakt, Arbeitstakt, Ausstoßtakt und Ansaugtakt in einer festen Reihenfolge je Zylinder durchlaufen werden, und bei denen zum anderen die Verteilung der Takte auf die einzelnen Zylinder fest vorgegeben ist.

Als weiterer Stand der Technik wird noch auf die DE 197 43 492 A1 verwiesen, aus der ebenfalls ein Verfahren

- 3 -

zum Starten einer Brennkraftmaschine ohne einen elektrischen Anlasser bekannt ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine mehrzyindrige Brennkraftmaschine ohne elektrischen Anlasser auf möglichst einfache Weise, schnell und doch zuverlässig zu starten.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ausgehend von dem Verfahren der eingangs genannten Art vor, dass die Einlass- und/oder Auslassventile mindestens eines Zylinders, dessen Kolben sich nach einem oberen Totpunkt befindet, vor dem Startvorgang in eine einer Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren verfügt bspw. über einenockenwellenfreie Steuerung der Einlass- und/oder Auslassventile. Damit kann jedes Einlass- und Auslassventil getrennt von den anderen Ventilen und unabhängig von der Stellung der Nockenwelle angesteuert werden. Zur nockenwellenfreien Steuerung sind die Einlass- und/oder Auslassventile entweder einzeln oder mehrere gemeinsam mit einem Stellorgan ausgerüstet. Das Stellorgan kann hydraulisch, piezoelektrisch, elektromagnetisch oder auf andere Weise arbeiten. Aus dem Stand der Technik sind eine Vielzahl von nockenwellenfreien Steuerungen für Einlass- und Auslassventile bekannt, die in Verbindung mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt werden können.

Alternativ verfügt das erfindungsgemäße Verfahren bspw. über einen variablen Nockenwellensteller auf der Einlassseite, um einen frühen Einlassschluss der Einlassventile einzustellen. Die Einlassnockenwelle kann derart verstellt werden, dass die Einlassventile in der Ansaugphase nur zu Beginn kurzzeitig geöffnet sind und

- 4 -

somit in eine der Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden. Dadurch kann auf der Einlassseite ein frühere Einlassschluss eingestellt werden.

5 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können die Ventile unabhängig und - soweit es der Ventilfreigang zulässt - frei geöffnet bzw. geschlossen werden. Auf diese Weise gelingt es, vor bzw. während des Startvorgangs von einer Ansaugphase in eine Arbeitsphase und umgekehrt zu wechseln.  
10 In entsprechender Weise ist auch der Wechsel von einer Verdichtungsphase zu einer Ausstoßphase und umgekehrt möglich.

15 Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es erstmals möglich, bei einer 4- oder 6-Zylinder-Brennkraftmaschine zu Beginn des Startvorgangs zwei Zylinder in eine der Arbeitsphase entsprechende Stellung zu bringen. In den Brennraum dieser beiden Zylinder wird gleichzeitig Kraftstoff eingespritzt und das Kraftstoff-Luft-Gemisch 20 gleichzeitig gezündet. Die doppelte Verbrennung führt zu einer besonders starken Anfangsbeschleunigung der Kurbelwelle und damit zu einem besonders kurzen Startvorgang. Die doppelte Verbrennung bietet ausreichend Reserve, um eventuelle Reib- und Kompressionswiderstände zu 25 Beginn des Startvorgangs sicher zu überwinden.

30 Dann wird in den Brennraum eines sich in der Verdichtungsphase befindlichen weiteren Zylinders Kraftstoff eingespritzt und das verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet. Der Einspritzbeginn in dem Brennraum des weiteren Zylinders kann - sofern der Einspritzdruck hoch genug ist - in die fortschreitende Verdichtungsphase bis kurz vor Erreichen des oberen Totpunktes verlagert werden. Durch die zweite Verbrennung wird die Drehbewegung der Kurbelwelle weiter beschleunigt. Während des weiteren Verlaufs des Startvorgangs wird Kraftstoff in die 35

- 5 -

Brennräume von sich in der Ansaugphase befindlichen Zylindern eingespritzt und das in den Brennräumen befindliche verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet. Auch hier können die Einspritzungen alternativ auch während 5 der Verdichtungsphase erfolgen, sofern der Einspritzdruck hoch genug ist.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass

- 10 - die Einlass- und/oder Auslassventile eines weiteren Zylinders, dessen Kolben sich vor einem oberen Totpunkt befindet, in eine einer Verdichtungsphase entsprechende Stellung gebracht werden;
- in den Brennraum des sich in der Arbeitsphase befindlichen mindestens einen Zylinders Kraftstoff 15 eingespritzt wird;
- der in den mindestens einen Zylinder eingespritzte Kraftstoff in der Arbeitsphase gezündet wird;
- in den Brennraum des sich in der Verdichtungsphase befindlichen weiteren Zylinders Kraftstoff eingespritzt wird;
- der in dem Brennraum des weiteren Zylinders verdichtete Kraftstoff gezündet wird; und
- im weiteren Verlauf des Startvorgangs in die 20 Brennräume von sich entweder in einer Ansaugphase oder in einer Verdichtungsphase befindlichen Zylindern Kraftstoff eingespritzt und der in den Brennräumen verdichtete Kraftstoff gezündet wird.

30 Durch Zünden des in den mindestens einen Zylinder eingespritzten Kraftstoffs in der Arbeitsphase wird eine Verbrennung bewirkt, durch die die Kurbelwelle der Brennkraftmaschine in eine vorwärts gerichtete Drehbewegung versetzt wird. Diese Drehbewegung wird durch Zünden des in 35 dem Brennraum des weiteren Zylinders verdichteten Kraftstoffs fortgeführt bzw. sogar beschleunigt.

Schließlich wird im weiteren Verlauf des Startvorgangs in die Brennräume Kraftstoff eingespritzt und der in den Brennräumen verdichtete Kraftstoff - also am Ende der Verdichtungsphase oder am Anfang der Arbeitsphase - 5 gezündet. Im weiteren Verlauf des Startvorgangs wird der Kraftstoff in der Ansaugphase oder - falls der Einspritzdruck hoch genug ist - in der Verdichtungsphase in die Brennräume eingespritzt. Der Startvorgang wird vorzugsweise so lange fortgesetzt, bis die 10 Brennkraftmaschine gestartet ist und im normalen Betrieb selbsttätig läuft.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass 15 - die Einlass- und/oder Auslassventile von zwei Zylindern, deren Kolben sich nach einem oberen Totpunkt befinden, in eine einer Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden; - in den Brennraum der zwei sich in der Arbeitsphase befindlichen Zylinder Kraftstoff eingespritzt wird; 20 und - der in die zwei Zylinder eingespritzte Kraftstoff in der Arbeitsphase gezündet wird. Diese Ausführungsform erlaubt eine doppelte Verbrennung, 25 die zu einer besonders starken Anfangsbeschleunigung der Kurbelwelle und damit zu einem besonders kurzen Startvorgang führt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Einlass- und/oder Auslassventile der Brennräume mittels einer 30nockenwellenfreien Steuerung in die der Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden.

35 Alternativ wird vorgeschlagen, dass die Einlass- und/oder Auslassventile der Brennräume durch ein derartiges

- 7 -

Verstellen einer Einlassnockenwelle eines variablen Nockenwellenstellers in die der Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden, dass die Einlassventile in einer Ansaugphase nur zu Beginn kurzzeitig geöffnet sind. Dadurch kann auf der Einlassseite ein frühere Einlassschluss eingestellt werden. Bei einer 4-Zylinder-Brennkraftmaschine befinden sich somit zu Beginn des Startvorgangs zwei Zylinder in einer der Arbeitsphase entsprechenden Stellung. In den Brennraum dieser beiden Zylinder wird gleichzeitig Kraftstoff eingespritzt und das Kraftstoff-Luft-Gemisch gleichzeitig gezündet. Die doppelte Verbrennung führt zu einer besonders starken Anfangsbeschleunigung der Kurbelwelle und damit zu einem besonders kurzen Startvorgang.

15

Aus dem erfindungsgemäßen Verfahren ergeben sich zusätzliche Freiheitsgrade bei dem Startvorgang, die erfindungsgemäß u.a. dazu genutzt werden können, nach einer erfolglosen ersten Zündung einen zweiten Startversuch einzuleiten. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass nach einer erfolglosen ersten Zündung des in den mindestens einen Zylinder eingespritzten Kraftstoffs in der Arbeitsphase das Verfahren noch einmal mit invertierten Phasen der einzelnen Zylinder durchgeführt wird. Die erste Zündung ist bspw. erfolglos, wenn sich die Brennkraftmaschine nicht bewegt oder ein erster Kompressionswiderstand der Zylinder nicht überwunden werden konnte. In einem solchen Fall wird das erfindungsgemäße Verfahren noch einmal - und zwar mit invertierten Phasen der einzelnen Zylinder - durchgeführt. Das bedeutet, dass die Einlass- und Auslassventile, die bei dem ersten Startversuch in eine der Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht wurden, nunmehr in eine der Ansaugphase entsprechende Stellung gebracht werden. Ebenso werden die Einlass- und Auslassventile, die bei dem ersten Startversuch in eine Verdichtungsphase entsprechende

35

- 8 -

Stellung gebracht wurden, nunmehr in eine der Ausstoßphase entsprechende Stellung gebracht. Bei dem zweiten Startversuch erfolgt die Einspritzung von Kraftstoff in die Brennräume und die Zündung des in den Brennräumen verdichteten Kraftstoffs in der oben beschriebenen Weise.

5

10

15

20

25

30

35

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Kolben der Zylinder zu Beginn des Startvorgangs in eine vorgebbare Ausgangsstellung gebracht werden. Auf diese Weise kann auch bei Brennkraftmaschinen mit weniger als vier Zylindern sichergestellt werden, dass sich der Kolben zumindest eines Zylinders der Brennkraftmaschine in einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Startvorgangs optimalen Stellung befindet. Dadurch kann während des Startvorgangs mit der ersten Verbrennung eine maximale Anfangsbeschleunigung der Kurbelwelle erzeugt werden. Zum Bewegen der Kolben in den Zylindern kann ein elektromotorischer Anlasser eingesetzt werden, der auf die Kurbelwelle der Brennkraftmaschine wirkt und diese dreht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass der in einem Brennraum eines Zylinders verdichtete Kraftstoff kurz vor Erreichen des oberen Totpunktes des Kolbens des jeweiligen Zylinders gegen Ende der Verdichtungsphase gezündet wird. Alternativ kann der verdichtete Kraftstoff auch kurz nach oder bei dem oberen Totpunkt des Kolbens des jeweiligen Zylinders gezündet werden.

Vorteilhafterweise wird der Kraftstoff während des Startvorgangs durch eine Vorförderpumpe des Kraftstoffzumesssystems in die Brennräume eingespritzt. Die Vorförderpumpe ist bspw. als eine unabhängig von der Brennkraftmaschine angetriebene Elektrokraftstoffpumpe ausgebildet. Eine Vorförderpumpe dient bspw. bei einem

- 9 -

Common-Rail-Kraftstoffzumesssystem zum Fördern von Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter in einen Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems.

5 Alternativ wird vorgeschlagen, dass der Kraftstoff während des Startvorgangs durch eine unabhängig von der Brennkraftmaschine angetriebene Hochdruckpumpe des Kraftstoffzumesssystems in die Brennräume eingespritzt wird. Bei einem Common-Rail-Kraftstoffzumesssystem bspw. fördert die Hochdruckpumpe Kraftstoff aus dem Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems mit Hochdruck in einen Hochdruckspeicher. Von dem Hochdruckspeicher zweigen Einspritzventile ab, über die Kraftstoff aus dem Hochdruckspeicher in die Brennräume der 15 Zylinder eingespritzt wird. Die Hochdruckpumpe kann bspw. elektrisch angetrieben werden. Mit Hilfe einer Hochdruckpumpe lassen sich während des Startvorgangs besonders hohe Einspritzdrücke erzielen, so dass der Einspritzzeitpunkt während des Startvorgangs ohne weiteres 20 in die fortschreitende Verdichtungsphase bis kurz vor Erreichen des oberen Totpunktes verlagert werden kann.

Um den Kompressionswiderstand während des erfindungsgemäßen Startvorgangs zu verringern, wird gemäß einer bevorzugten 25 Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, dass während des Startvorgangs in einer Verdichtungsphase eines Zylinders der Brennkraftmaschine das entsprechende Einlassventil des Zylinders verspätet oder verfrüht geschlossen wird. Dadurch kann jede durchlaufene Verdichtungsphase durch verspätetes Schließen der entsprechenden Einlassventile - diese sind während der vor der Verdichtungsphase stattfindenden Ansaugphase geöffnet - in vorteilhafter Weise verkürzt werden. Auf diese Weise kann die Kurbelwelle der Brennkraftmaschine durch die erste 30 Verbrennung zu Beginn des erfindungsgemäßen Startvorgangs wesentlich leichter in eine Drehbewegung versetzt und die 35

- 10 -

Brennkraftmaschine gestartet werden. Zu demselben Zweck kann alternativ während des Startvorgangs in einer Ansaugphase eines Zylinders der Brennkraftmaschine das entsprechende Einlassventil des Zylinders verspätet oder

5 verfrüht geschlossen werden.

Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine

10 insbesondere eines Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die

15 Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so dass dieses mit dem Programm versehenen Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere

20 ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, beispielsweise ein Read-Only-Memory oder ein Flash-Memory.

Als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird ausgehend von der mehrzylindrigen

25 Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass die Brennkraftmaschine Mittel zum Verstellen von Einlass- und/oder Auslassventilen mindestens eines Zylinders, dessen Kolben sich nach einem oberen Totpunkt befindet, vor dem Startvorgang in einer einer

30 Arbeitsphase entsprechende Stellung aufweist.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Brennkraftmaschine einenockenwellenfreie Steuerung von Einlass- und/oder

35 Auslassventilen der Brennräume aufweist.

- 11 -

Alternativ wird vorgeschlagen, dass die Brennkraftmaschine auf der Einlassseite einen variablen Nockenwellensteller zum Einstellen eines frühen Einlassschlusses der Einlassventile aufweist.

5

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Brennkraftmaschine Mittel zum Bewegen der Kolben der Zylinder in eine vorgebbare Ausgangsstellung zu Beginn des Startvorgangs 10 aufweist.

10

15

Schließlich wird vorgeschlagen, dass das Kraftstoffzumesssystem eine unabhängig von der Brennkraftmaschine angetriebene Hochdruckpumpe zum Aufbau eines Kraftstoffeinspritzdrucks aufweist.

15

20

25

Als noch eine weitere Lösung der vorliegenden Erfindung wird ausgehend von dem Steuergerät der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass das Steuergerät Mittel zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens aufweist. Das Steuergerät führt also zum Starten einer Brennkraftmaschine eine Ansteuerung von an dem erfindungsgemäßen Startvorgang beteiligten Komponenten der Brennkraftmaschine aus, insbesondere des Kraftstoffzumesssystems und der Zündung. Das Steuergerät erhält den Befehl zum Starten der Brennkraftmaschine bspw. durch die Betätigung eines Zündschlüssels oder eines Anlasserknopfes.

25

30

35

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw.

- 12 -

Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung. Es zeigen:

5 Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel;

10 Fig. 2 ein schematisches Diagramm eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine aus Fig. 1;

15 Fig. 3 ein schematisches Diagramm eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine aus Fig. 1; und

20 Fig. 4 ein schematisches Diagramm eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Starten der Brennkraftmaschine aus Fig. 1.

25 In Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine in ihrer Gesamtheit mit dem Bezeichnungszeichen 1 bezeichnet. Die Brennkraftmaschine 1 weist einen Kolben 2 auf, der in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, an den über Ventile 5 ein Ansaugrohr 6 und ein Abgasrohr 7 angeschlossen sind. Des Weiteren sind dem Brennraum 4 ein mit einem Signal TI ansteuerbares Einspritzventil 8 und eine mit einem Signal ZW ansteuerbare Zündkerze 9 zugeordnet.

30

35 In einer ersten Betriebsart, dem Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird der Kraftstoff von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2

- 13 -

hervorgerufenen Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt, und zwar örtlich in die unmittelbare Umgebung der Zündkerze 9 sowie zeitlich unmittelbar vor dem oberen Totpunkt OT des Kolbens 2 bzw. vor dem Zündzeitpunkt. Dann wird mit Hilfe der Zündkerze 9 der Kraftstoff entzündet, so dass der Kolben 2 in der nunmehr folgenden Arbeitsphase durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs angetrieben wird.

10 In einer zweiten Betriebsart, dem Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird der Kraftstoff von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Durch die gleichzeitig angesaugte Luft wird der eingespritzte Kraftstoff verwirbelt und damit in dem Brennraum 4 im Wesentlichen gleichmäßig (homogen) verteilt. 15 Danach wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch während der Verdichtungsphase verdichtet, um dann von der Zündkerze 9 entzündet zu werden. Durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs wird der Kolben 2 angetrieben.

20 Im Schichtbetrieb wie auch im Homogenbetrieb wird durch den angetriebenen Kolben 2 eine Kurbelwelle 10 in eine Drehbewegung versetzt, über die letztendlich die Räder des Kraftfahrzeugs angetrieben werden. Der Kurbelwelle 10 ist ein Drehzahlsensor 11 zugeordnet, der in Abhängigkeit von 25 der Drehbewegung der Kurbelwelle 10 ein Signal N erzeugt.

30 Der Kraftstoff wird im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb unter einem hohen Druck über das Einspritzventil 8 in den Brennraum 4 eingespritzt. Zu diesem Zweck ist eine elektrische Kraftstoffpumpe als Vorförderpumpe und eine Hochdruckpumpe vorgesehen, wobei letztere von der Brennkraftmaschine 1 oder elektromotorisch angetrieben sein 35 kann. Die elektrische Kraftstoffpumpe wird unabhängig von der Brennkraftmaschine 1 angetrieben und erzeugt einen

- 14 -

sogenannten Rail-Druck EKP von mindestens 3 bar, und die Hochdruckpumpe erzeugt einen Rail-Druck HD bis zu etwa 200 bar.

5 Die im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb von dem Einspritzventil 8 in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse wird von einem Steuergerät 12, insbesondere im Hinblick auf einen geringen Kraftstoffverbrauch und/oder eine geringe Schadstoffemission, gesteuert und/oder 10 geregelt. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 12 mit einem Mikroprozessor versehen, der in einem Steuerelement, insbesondere in einem Read-Only-Memory, ein Programm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/oder Regelung durchzuführen.

15 Das Steuergerät 12 ist von Eingangssignalen beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 darstellen. Beispielsweise ist das Steuergerät 12 mit einem in dem Ansaugrohr 6 angeordneten 20 Luftmassensensor, einem in dem Abgasrohr 7 angeordneten Lambda-Sensor und/oder mit dem Drehzahlsensor 11 verbunden. Des Weiteren ist das Steuergerät 12 mit einem Fahrpedalsensor 13 verbunden, der ein Signal FP erzeugt, 25 das die Stellung eines von einem Fahrer betätigbaren Fahrpedals angibt.

Das Steuergerät 12 erzeugt Ausgangssignale, mit denen über Aktoren das Verhalten der Brennkraftmaschine 1 entsprechend der erwünschten Steuerung und/oder Regelung beeinflusst 30 werden kann. Beispielsweise ist das Steuergerät 12 mit dem Einspritzventil 8 und der Zündkerze 9 verbunden und erzeugt die zu deren Ansteuerung erforderlichen Signale TI, ZW.

35 In den Fig. 2 bis 4 sind drei verschiedene erfundungsgemäße Verfahren zum Starten einer 4-Zylinder-Brennkraftmaschine 1 in der Form von Diagrammen schematisch dargestellt. Die

- 15 -

einzelnen Zeilen der Diagramme beziehen sich auf den jeweils angegebenen Zylinder 3 der Brennkraftmaschine 1. Die verschiedenen Zylinder 3 sind dabei mit Nummern gekennzeichnet. Die einzelnen Spalten der Diagramme beziehen sich auf die Phasen bzw. Takte, in denen sich der Kolben 2 des zugehörigen Zylinders 3 befindet. Jeder der Kolben 2 kann sich dabei in einer Ansaugphase, einer Verdichtungsphase, einer Arbeitsphase oder einer Ausstoßphase befinden. Die Übergänge zwischen den einzelnen Phasen sind durch den oberen Totpunkt OT der Kolben 2 gekennzeichnet. Insoweit stellt die horizontale Achse entlang der Phasen der Kolben 2 einen Drehwinkel °KW der Kurbelwelle 10 dar. Gestrichelt ist die Stellung der Brennkraftmaschine 1 vor dem Start dargestellt, also die Stellung im Stillstand der Brennkraftmaschine 1.

Bei den in den Figuren dargestellten und nachfolgend beschriebenen Verfahren ist der Drehzahlsensor 11 als Absolutwinkelgeber ausgebildet. Dies bedeutet, dass der Drehzahlsensor 11 jederzeit, insbesondere auch nach einem Stillstand der Brennkraftmaschine 1, den Drehwinkel °KW erzeugt und an das Steuergerät 12 weitergibt. Auf diese Weise kann vor dem Beginn des Startvorgangs die Stellung der Kolben 2 in den Zylindern 3 ermittelt werden. Alternativ kann die Kurbelwelle 10 auch durch einen elektromotorischen Anlasser in eine notwendige Umdrehung versetzt werden, damit der Drehzahlsensor 11 die Stellung des Kolbens 2 signalisieren kann.

Bei dem Verfahren nach Fig. 2 befindet sich bei stillstehender Brennkraftmaschine 1 der Zylinder Nr. 1 in seiner Arbeitsphase (Brennraum 4 geschlossen, Stellung des Kolbens 2 nach OT). Zu Beginn des Startvorgangs wird in den Brennraum 4 des Zylinders Nr. 1 Kraftstoff eingespritzt. Falls die Hochdruckpumpe von der Brennkraftmaschine 1 angetrieben wird, erfolgt die Einspritzung nur unter Rail-

- 16 -

Druck EKP der elektrischen Kraftstoffpumpe. Andernfalls  
- die Hochdruckpumpe wird unabhängig von der  
Brennkraftmaschine 1 angetrieben - wird der Kraftstoff  
zwecks Gemischaufbereitung unter Hochdruck in den Brennraum  
5 4 eingespritzt. Dann wird der eingespritzte Kraftstoff  
gezündet. Dies hat eine erste Verbrennung zur Folge, durch  
die die Kurbelwelle 10 in eine vorwärts gerichtete  
Drehbewegung versetzt wird.

10 Unmittelbar darauf wird Kraftstoff in den Zylinder Nr. 3  
eingespritzt. Dieser befindet sich aufgrund der  
geschlossenen Ventile 5 und des aufwärts gehenden Kolbens 2  
in seiner Verdichtungsphase. Der Einspritzzeitpunkt kann  
- sofern der Einspritzdruck hoch genug ist - in die  
15 fortschreitende Verdichtungsphase bis kurz vor Erreichen  
des oberen Totpunktes OT verlagert werden. Ein ausreichend  
hoher Einspritzdruck kann bspw. mittels einer unabhängig  
von der Brennkraftmaschine 1 angetriebenen Hochdruckpumpe  
erzeugt werden. Kurz vor oder nach Erreichen des oberen  
20 Totpunktes OT wird das verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch  
gezündet, und es erfolgt eine zweite Verbrennung, durch die  
die Drehbewegung der Kurbelwelle 10 weiter beschleunigt  
wird.

25 Die weiteren Einspritzungen, Zündungen und Stellungen der  
Ventile 5 sind in dem Diagramm am Beispiel des Zylinders  
Nr. 4 und des Zylinders Nr. 2 dargestellt. Demnach erfolgen  
die weiteren Einspritzungen während der Ansaugphase des  
jeweiligen Zylinders Nr. 3. Alternativ können die weiteren  
30 Einspritzungen auch während der Verdichtungsphase erfolgen,  
wenn der Einspritzdruck ausreichend groß ist. Die weiteren  
Zündungen erfolgen gegen Ende der Verdichtungsphase kurz  
vor oder kurz nach Erreichen des oberen Totpunktes OT.

35 Die Einlass- und Auslassventile 5 des Brennraums 4 werden  
mittels einernockenwellenfreien Steuerung verstellt. Dazu

- 17 -

ist jedes Einlass- und Auslassventil 5 mit einem eigenen Stellorgan ausgerüstet. Dadurch können die Ventile 5 unabhängig und frei - soweit es der Ventilfreigang zulässt - geöffnet bzw. geschlossen werden. Auf diese Weise gelingt 5 es, von einer Ansaugphase in eine Arbeitsphase und umgekehrt zu wechseln. In entsprechender Weise ist der Wechsel von einer Verdichtungsphase in eine Ausstoßphase und umgekehrt möglich. Aufgrund dernockenwellenfreien Steuerung der Ventile 5 können die Einlass- und/oder 10 Auslassventile 5 zu Beginn des Startvorgangs in eine vorgegebene Stellung gebracht werden, um optimale Bedingungen zum Starten der Brennkraftmaschine 1 ohne elektromotorischen Anlasser zu schaffen.

15 Außerdem können nach einem erfolglosen ersten Startversuch für einen zweiten Startversuch die Phasen aller Zylinder 3 auf einfache Weise invertiert werden, d.h. es wird zwischen Verdichtungsphase und Ausstoßphase und zwischen Arbeitsphase und Ansaugphase umgeschaltet. Eine erfolgloser 20 erster Startversuch liegt bspw. vor, wenn die Brennkraftmaschine 1 sich nicht bewegt oder der erste Kompressionswiderstand nicht überwunden werden konnte. Bei dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 2 liegt bei dem zweiten Startversuch somit für den Zylinder Nr. 4 zu Beginn des 25 Startvorgangs die Arbeitsphase vor. Dann wird Kraftstoff in den Zylinder Nr. 2 eingespritzt, der sich dann in der Verdichtungsphase befindet. Im weiteren Verlauf des Startvorgangs wird dann Kraftstoff in die Zylinder Nr. 1 und Nr. 2 gespritzt und gezündet.

30 Um den Kompressionswiderstand während des erfindungsgemäßen Startvorgangs zu verringern, kann jede durchlaufene Verdichtungsphase durch verspätetes oder verfrühtes 35 Schließen der entsprechenden Einlassventile 5 - diese sind während der vor der Verdichtungsphase stattfindenden Ansaugphase geöffnet - geeignet verkürzt werden. Das

- 18 -

beschriebene Verfahren ist mit entsprechenden Modifikationen auch bei Brennkraftmaschinen 1 mit mehr als vier Zylindern anwendbar.

5 Bei dem Verfahren gemäß Fig. 3 befindet sich der Zylinder Nr. 1 und der Zylinder Nr. 4 durch Schließen der Ventile 5 in der Arbeitsphase. In beide Zylinder 3 wird gleichzeitig Kraftstoff eingespritzt und gezündet. Die doppelte Verbrennung führt zu einer starken Anfangsbeschleunigung der Kurbelwelle 10 und damit zu einem besonders kurzen Startvorgang. Durch die doppelte Verbrennung sind zu Beginn des Startvorgangs ausreichend Reserven vorhanden, um eventuelle Reib- und Kompressionswiderstände der Brennkraftmaschine 1 sicher zu überwinden.

15 Alle weiteren Einspritzungen, Zündungen und Ventilstellungen entsprechen denen des Verfahrens aus Fig. 1 und können dem Diagramm in Fig. 3 unmittelbar entnommen werden. Selbstverständlich können auch bei dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens die Kompressionswiderstände verringert werden, indem jede durchlaufene Verdichtungsphase durch verspätetes oder verfrühtes Schließen der entsprechenden Einlassventile 5 geeignet verkürzt wird. Mit entsprechenden Modifikationen 20 ist diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens auch bei Brennkraftmaschinen 1 mit mehr als vier Zylindern anwendbar.

25 Die in Fig. 4 dargestellte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann bei einer Brennkraftmaschine 1 ausgeführt werden, die auf der Einlassseite einen variablen Nockenwellensteller zum Einstellen eines frühen Einlassschlusses der Einlassventile 5 aufweist. Der Zylinder Nr. 1 befindet sich zu Beginn des Startvorgangs in seiner Arbeitsphase. Für den in der Kolbenbewegung zu Zylinder Nr. 1 parallelen Zylinder Nr. 4

- 19 -

liegt ebenfalls ein geschlossener Brennraum 4 vor. Dazu wird zu Beginn des Startvorgangs oder bei auslaufender Brennkraftmaschine 1 die Einlassnockenwelle so verstellt, dass die Einlassventile 5 in der Ansaugphase nur zu Beginn 5 kurzzeitig geöffnet sind (früher Einlassschluss). Somit befindet sich zu Beginn des Startvorgangs neben dem Zylinder Nr. 1 auch der Zylinder Nr. 4 quasi in seiner Arbeitsphase. In einem ersten Takt wird in beide Zylinder 3 gleichzeitig Kraftstoff eingespritzt und gezündet. Die 10 doppelte Verbrennung bewirkt wieder eine starke Anfangsbeschleunigung der Kurbelwelle 10 und somit einen kurzen Startvorgang.

Danach wird Kraftstoff in den Zylinder Nr. 3 eingespritzt. 15 Dieser befindet sich aufgrund der geschlossenen Ventile 5 und des aufwärts gehenden Kolbens 2 in seiner Verdichtungsphase. Der Einspritzzeitpunkt in den Zylinder Nr. 3 kann alternativ - sofern der Einspritzdruck hoch genug ist - fortschreitende Verdichtungsphase des kurz vor 20 Erreichen des oberen Totpunkts verlagert werden. Kurz vor oder kurz nach Erreichen des oberen Totpunktes wird das verdichtete Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet, und es erfolgt eine zweite Verbrennung, die zu einer Beschleunigung der Drehbewegung der Kurbelwelle 10 führt.

25 Die weiteren Einspritzungen, Zündungen und Ventilstellungen können unmittelbar dem Diagramm entnommen werden. Demnach erfolgen die Einspritzungen während der Ansaugphase des jeweiligen Zylinders 3. Alternativ können die 30 Einspritzungen auch während der Verdichtungsphase erfolgen, sofern der Einspritzdruck ausreichend groß ist.

Nach Drehbeginn der Kurbelwelle 10 wird die 35 Einlassnockenwelle in eine dem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 1 entsprechende Relativposition zurückgebracht. Das Diagramm in Fig. 4 stellt hierzu den

- 20 -

Fall einer relativ kleinen Stellgeschwindigkeit dar. Demnach liegt in der zweiten und dritten Ansaugphase noch ein früher Einlassschluss vor. Dies ist aber für die in der Startphase benötigten Füllmengen unerheblich.

5

Die beschriebene Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist mit entsprechenden Modifikationen auch bei Brennkraftmaschinen 1 mit mehr als vier Zylindern anwendbar. Bei Brennkraftmaschinen 1 mit weniger als vier 10 Zylindern kann der Fall eintreten, dass zu Beginn des Startvorgangs keiner der Kolben 2 in seiner Arbeitsphase angeordnet ist. In diesem Fall steht jedoch ein Kolben 2 in seiner Ansaugphase. Dann kann die Einlassnockenwelle derart verstellt werden, dass der Zylinder 2 von der Ansaugphase 15 quasi in die Arbeitsphase übergeht. Auch in diesem Fall lässt sich die Brennkraftmaschine 1 somit ohne einen elektromotorischen Anlasser starten.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden 20 Erfindung (nicht dargestellt) ist die Einlassnockenwelle zu Beginn des Startvorgangs nicht verstellt, d.h. der Zylinder Nr. 4 in Fig. 4 bleibt in seiner Ansaugphase. Folglich wird nur in den Zylinder Nr. 1 Kraftstoff eingespritzt und gezündet. Bei einer erfolglosen Zündung - die 25 Brennkraftmaschine 1 bewegt sich nicht oder ein Kompressionswiderstand konnte nicht überwunden werden - wird ein zweiter Startversuch durchgeführt. Hierzu wird die Einlassnockenwelle in der in der Figurenbeschreibung zu Fig. 4 angegebenen Weise verstellt. Somit liegt nun für den 30 Zylinder Nr. 4 zu Beginn des Startvorgangs die Arbeitsphase vor. Einspritzungen und Zündungen erfolgen nun - unter Ausklammerung des Zylinders Nr. 1 zu Beginn des Startvorgangs - entsprechend der in dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 4 angegebenen Vorgehensweise.

35

**Ansprüche**

10 1. Verfahren zum Starten einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Stellung eines Kolbens (2) in einem Zylinder (3) der Brennkraftmaschine (1) ermittelt wird und Kraftstoff in einen Brennraum (4) desjenigen Zylinders (3) eingespritzt wird, dessen Kolben (2) sich in einer Arbeitsphase befindet, dadurch gekennzeichnet, dass Einlass- und/oder Auslassventile (5) mindestens eines Zylinders (3), dessen Kolben (2) sich nach einem oberen Totpunkt befindet, vor dem Startvorgang in eine einer Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden.

20

25 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Einlass- und/oder Auslassventile (5) eines weiteren Zylinders (3), dessen Kolben (2) sich vor einem oberen Totpunkt befindet, in eine einer Verdichtungsphase entsprechende Stellung gebracht werden;
- in den Brennraum (4) des sich in der Arbeitsphase befindlichen mindestens einen Zylinders (3) Kraftstoff eingespritzt wird;
- der in den mindestens einen Zylinder (3) eingespritzte Kraftstoff in der Arbeitsphase gezündet wird;
- in den Brennraum (4) des sich in der Verdichtungsphase befindlichen weiteren Zylinders (3) Kraftstoff eingespritzt wird;

30

35

- 22 -

- der in dem Brennraum (4) des weiteren Zylinders (3) verdichtete Kraftstoff gezündet wird; und
- im weiteren Verlauf des Startvorgangs in die Brennräume (4) von sich entweder in einer Ansaugphase oder in einer Verdichtungsphase befindlichen Zylindern (3) Kraftstoff eingespritzt und der in den Brennräumen (4) verdichteter Kraftstoff gezündet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass

- die Einlass- und/oder Auslassventile (5) von zwei Zylindern (3), deren Kolben (2) sich nach einem oberen Totpunkt befinden, in eine einer Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden;
- in den Brennraum (4) der zwei sich in der Arbeitsphase befindlichen Zylinder (3) Kraftstoff eingespritzt wird; und
- der in die zwei Zylinder (3) eingespritzte Kraftstoff in der Arbeitsphase gezündet wird.

20 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlass- und/oder Auslassventile (5) der Brennräume (4) mittels einernockenwellenfreien Steuerung in die der Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden.

25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlass- und/oder Auslassventile (5) der Brennräume (4) durch ein derartiges Verstellen einer Einlassnockenwelle eines variablen Nockenwellenstellers in die der Arbeitsphase entsprechende Stellung gebracht werden, dass die Einlassventile (5) in einer Ansaugphase nur zu Beginn kurzzeitig geöffnet sind.

35 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass nach einer erfolglosen ersten Zündung

- 23 -

des in den mindestens einen Zylinder (3) eingespritzten Kraftstoffs in der Arbeitsphase das Verfahren noch einmal mit invertierten Phasen der einzelnen Zylinder (3) durchgeführt wird.

5

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben (2) der Zylinder (3) zu Beginn des Startvorgangs in eine vorgebbare Ausgangsstellung gebracht werden.

10

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der in einem Brennraum (4) eines Zylinders (3) verdichtete Kraftstoff kurz vor Erreichen des oberen Totpunktes des Kolbens (2) des jeweiligen Zylinders (3) gegen Ende der Verdichtungsphase gezündet wird.

15

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff während des Startvorgangs durch eine Vorförderpumpe des Kraftstoffzumesssystems in die Brennräume (4) eingespritzt wird.

20

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff während des Startvorgangs durch eine unabhängig von der Brennkraftmaschine (1) angetriebene Hochdruckpumpe des Kraftstoffzumesssystems in die Brennräume (4) eingespritzt wird.

25

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Startvorgangs in einer Verdichtungsphase eines Zylinders (3) der Brennkraftmaschine (1) das entsprechende Einlassventil (5) des Zylinders (3) verspätet oder verfrüh geschlossen wird.

30

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch

35

- 24 -

gekennzeichnet, dass während des Startvorgangs in einer Ansaugphase eines Zylinders (3) der Brennkraftmaschine (1) das entsprechende Einlassventil (5) des Zylinders (3) verspätet oder verfrüh geschlossen wird.

5

13. Steuerelement, insbesondere Read-Only-Memory oder Flash-Memory, für ein Steuergerät (12) einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche geeignet ist.

10

14. Mehrzylindrige Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Brennkraftmaschine (1) eine Detektorvorrichtung zur Ermittlung der Stellung eines Kolbens (2) in einem Zylinder (3) der Brennkraftmaschine (1) und ein Kraftstoffzumesssystem zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum (4) desjenigen Zylinders (3) aufweist, dessen Kolben (2) sich in einer Arbeitsphase befindet, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) Mittel zum Verstellen von Einlass- und/oder Auslassventilen (5) mindestens eines Zylinders (3), dessen Kolben (2) sich nach einem oberen Totpunkt befindet, vor dem Startvorgang in eine einer Arbeitsphase entsprechende Stellung aufweist.

20

25

15. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) einenockenwellenfreie Steuerung von Einlass- und/oder Auslassventilen (5) der Brennräume (4) aufweist.

30

35

16. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) auf der Einlassseite einen variablen Nockenwellensteller zum

- 25 -

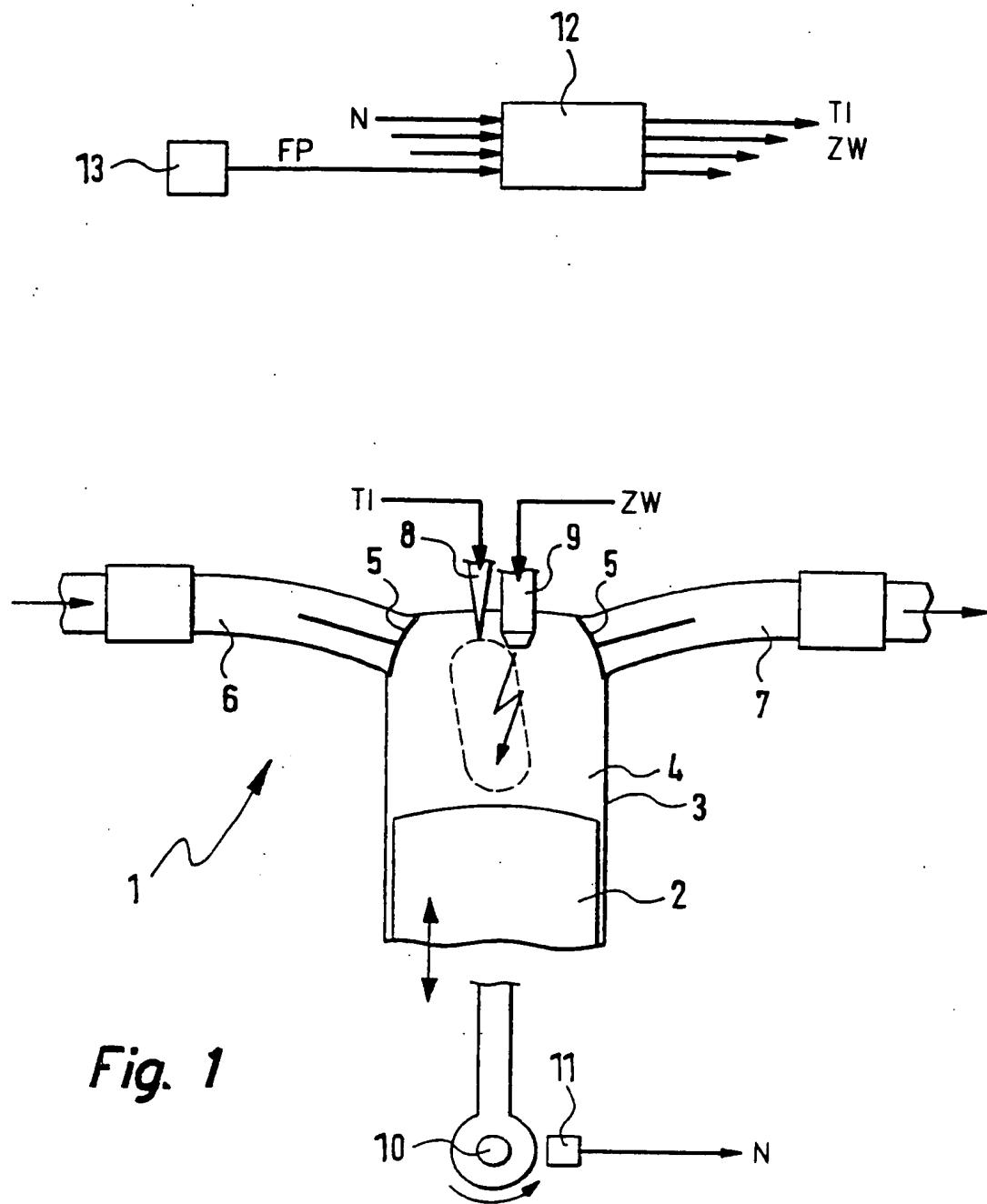
Einstellen eines frühen Einlassschlusses der Einlassventile (5) aufweist.

5 17. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) Mittel zum Bewegen der Kolben (2) der Zylinder (3) in eine vorgebbare Ausgangsstellung zu Beginn des Startvorgangs aufweist.

10 18. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Kraftstoffzumesssystem eine unabhängig von der Brennkraftmaschine (1) angetriebene Hochdruckpumpe zum Aufbau eines Kraftstoffeinspritzdrucks aufweist.

15 19. Steuergerät (12) einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Brennkraftmaschine (1) eine Detektorvorrichtung zur Ermittlung der Stellung eines Kolbens (2) in einem 20 Zylinder (3) der Brennkraftmaschine (1) und ein Kraftstoffzumesssystem zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum (4) desjenigen Zylinders (3) aufweist, dessen Kolben (2) sich in einer Arbeitsphase befindet, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (12) Mittel 25 zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 aufweist.

1 / 3



2 / 3

Fig. 2

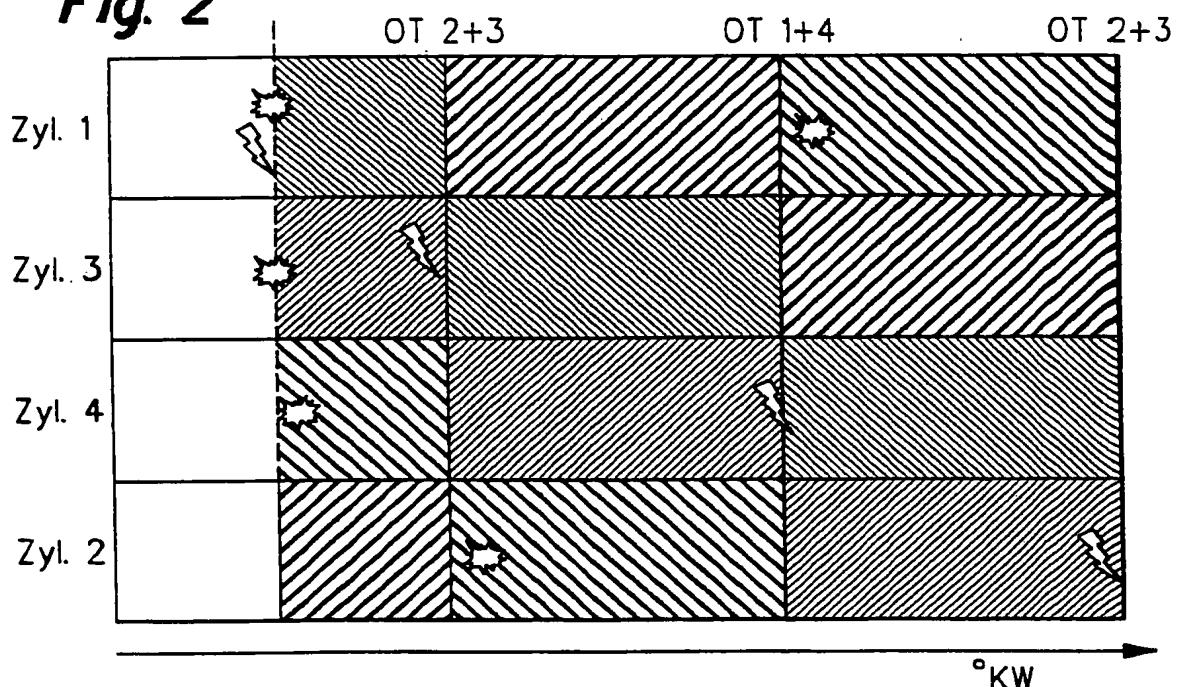
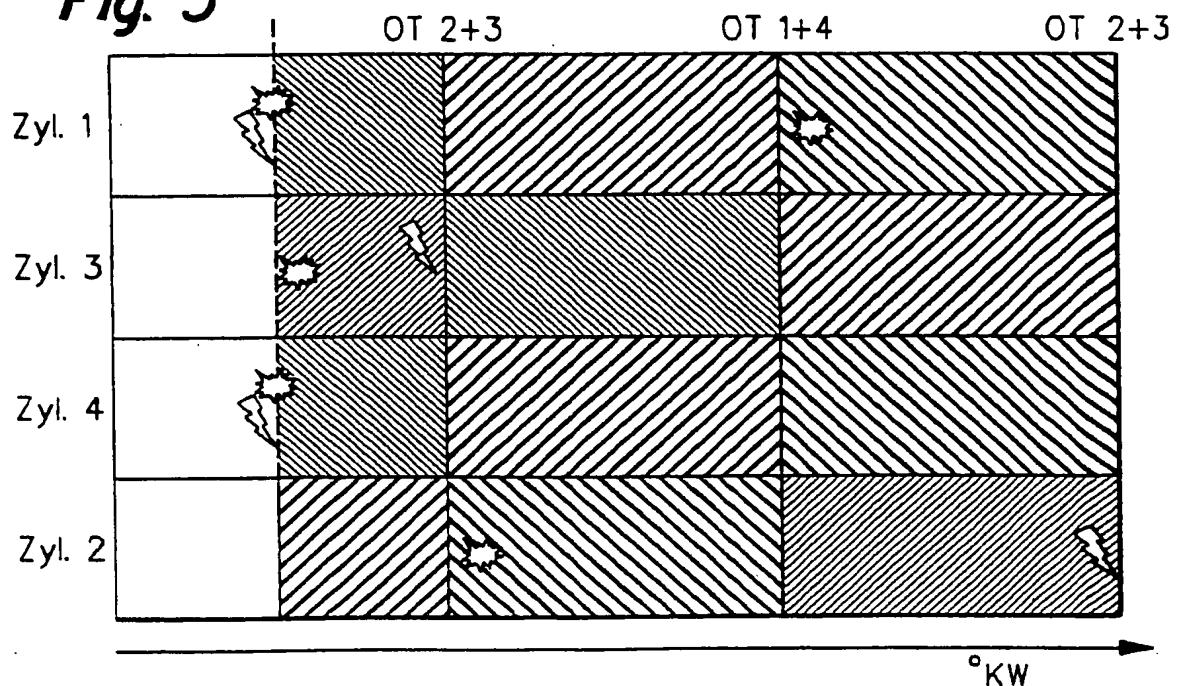


Fig. 3



Einspritzung

Zündung

 Verdichtungs-  
phase

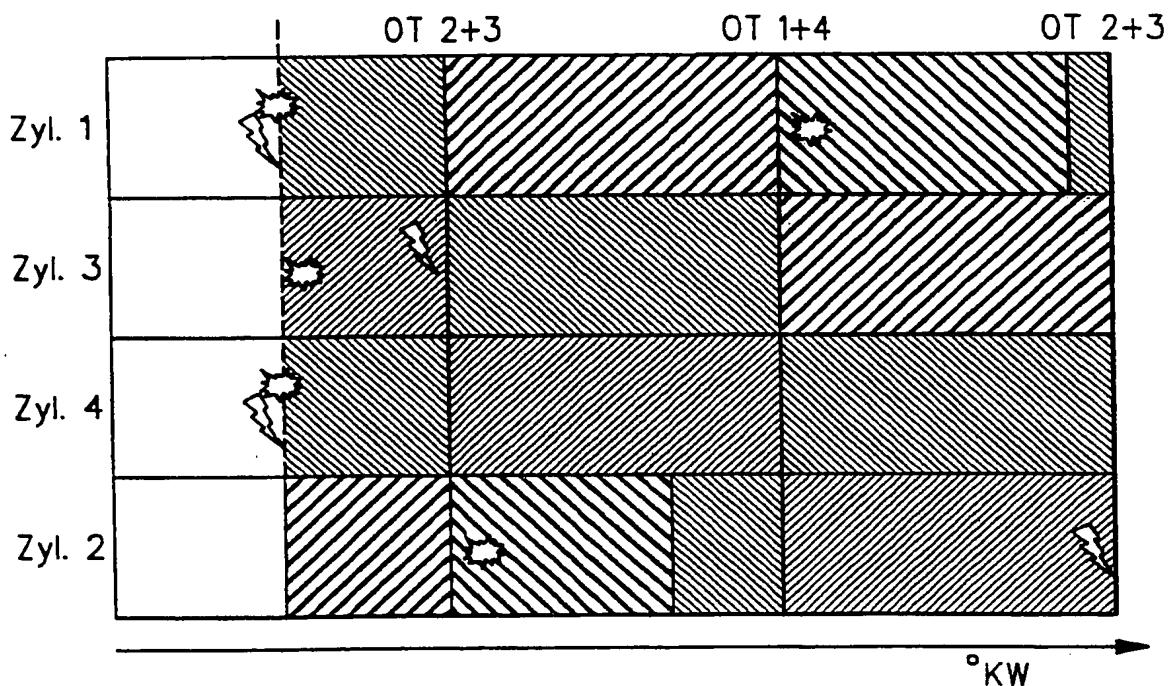
 Arbeits-  
phase

 Ausstoss-  
phase

 Ansaug-  
phase

3 / 3

Fig. 4



Einspritzung

Zuendung

 Verdichtungs-  
phase Arbeits-  
phase Ausstoss-  
phase Ansaug-  
phase

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/00461

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02N17/00 F02N9/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 219 397 A (JONES KENNETH R) 15 June 1993 (1993-06-15) column 3, line 14-26; claims 1,5,6; figure 1 ---	1-4,7, 14,15,17
Y	US 6 050 232 A (VOLZ DIETER ET AL) 18 April 2000 (2000-04-18) cited in the application column 3, line 31-42; claim 1; figure 1 column 4, line 34-42 ---	1-3,9, 10,14, 18,19
X	column 3, line 31-42; claim 1; figure 1 column 4, line 34-42 ---	13
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 478 (M-775), 14 December 1988 (1988-12-14) & JP 63 198779 A (SHIGERU TAKEUCHI), 17 August 1988 (1988-08-17) abstract ---	1-3,9, 10,14, 18,19
	---	-/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 June 2001

Date of mailing of the international search report

26/06/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Durville, G

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 01/00461

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 20882 A (BOSCH GMBH ROBERT ; BUCHHOLZ DIETER (DE); BOCHUM HANSJOERG (DE)) 29 April 1999 (1999-04-29) page 6, line 31 -page 7, line 9 -----	13

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

Int' stional Application No

PCT/DE 01/00461

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 5219397	A 15-06-1993	US 5101780	A	07-04-1992
US 6050232	A 18-04-2000	DE 19743492	A	15-04-1999
		FR 2769048	A	02-04-1999
		GB 2329937	A, B	07-04-1999
		JP 11159374	A	15-06-1999
JP 63198779	A 17-08-1988	NONE		
WO 9920882	A 29-04-1999	DE 19746119	A	22-04-1999
		EP 0953103	A	03-11-1999
		US 6216664	B	17-04-2001

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00461

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02N17/00 F02N9/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestpräfertstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02N

Recherchierte aber nicht zum Mindestpräfertstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 219 397 A (JONES KENNETH R) 15. Juni 1993 (1993-06-15) Spalte 3, Zeile 14-26; Ansprüche 1,5,6; Abbildung 1 ---	1-4,7, 14,15,17
Y	US 6 050 232 A (VOLZ DIETER ET AL) 18. April 2000 (2000-04-18) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 31-42; Anspruch 1; Abbildung 1 Spalte 4, Zeile 34-42 ---	1-3,9, 10,14, 18,19 13
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 478 (M-775), 14. Dezember 1988 (1988-12-14) & JP 63 198779 A (SHIGERU TAKEUCHI), 17. August 1988 (1988-08-17) Zusammenfassung ---	1-3,9, 10,14, 18,19
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15. Juni 2001

26/06/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Durville, G

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 01/00461

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 99 20882 A (BOSCH GMBH ROBERT ; BUCHHOLZ DIETER (DE); BOCHUM HANSJOERG (DE)) 29. April 1999 (1999-04-29) Seite 6, Zeile 31 -Seite 7, Zeile 9 -----	13

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5219397	A	15-06-1993	US	5101780 A		07-04-1992
US 6050232	A	18-04-2000	DE	19743492 A		15-04-1999
			FR	2769048 A		02-04-1999
			GB	2329937 A; B		07-04-1999
			JP	11159374 A		15-06-1999
JP 63198779	A	17-08-1988		KEINE		
WO 9920882	A	29-04-1999	DE	19746119 A		22-04-1999
			EP	0953103 A		03-11-1999
			US	6216664 B		17-04-2001